

Résumé

Au cours du traitement de post-récolte du café Arabica, l'eau utilisée a une influence directe sur les paramètres physico-chimiques, microbiologiques et biochimiques de la fermentation. Elle intervient lors du dépulpage et du transport des drupes dépulpees jusqu'à la cuve de fermentation, solubilise alors les sucres simples du mucilage, ralentit la croissance microbienne et en conséquence l'acidification du milieu fermentaire. Le dépulpage et le transport du café avec ou sans eau ne modifient pas la composition biochimique du café vert. Par ailleurs, les propriétés organoleptiques à la tasse ont été jugées identiques. Les technologies moins polluantes – dépulpage et transport sans eau des drupes dépulpees – permettent aux producteurs de contrôler la durée et l'acidité produite. En revanche, il est nécessaire de réduire le temps de fermentation car le pH devient plus rapidement acide. Des durées prolongées pourraient provoquer des surfermentations et développer des mauvais goûts.

Abstract

The water used during postharvest processing of Arabica coffee has a direct effect on the physicochemical, microbiological and biochemical parameters of fermentation. It is used during pulping and in transferring the depulped drupes to the fermentation tank, where it dissolves the mucilage simple sugars and slows microbial growth and consequently the acidification of the fermentation medium. Pulping and transporting coffee with or without water makes no difference to the biochemical composition of green coffee, and cup quality can be considered identical. Less polluting technologies – pulping and transporting drupes without using water – enable producers to control the duration of the process and the resulting acidity. However, fermentation has to be shortened, as the pH more rapidly becomes acid. Longer fermentation can result in over-fermentation and off-tastes.

Influence du procédé de dépulpage de la drupe de *Coffea arabica* L. sur la fermentation

Avallone S.¹, Guyot B.², Brillouet J.M.³, Guiraud J.P.¹

¹USTL, GBSA-MBI CC 23, place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier Cedex 5, France

²CIRAD-CP, TA 80/16, 34398 Montpellier Cedex 5, France

³CIRAD-FLHOR, TA 50/04, 34398 Montpellier Cedex 5, France

Au cours du traitement de post-récolte de la drupe du caféier par voie humide, la pulpe est éliminée par dépulpage mécanique puis le fruit est transporté jusqu'à une cuve. Une fermentation naturelle dégrade alors la couche de mucilage qui recouvre les graines. Cette étape fermentaire modifie la texture du tissu, permettant son élimination par lavage. Traditionnellement, le dépulpage et le transport des drupes dépulpees produisent 40 à 50 litres d'eau polluée par kilo de café parche (Garavito-Rozo et Puerta-Quintero, 1998). Les eaux résiduelles sont rejetées dans le milieu environnant et leur contenu en acides organiques et en matières solubles (86,6 %) ainsi que leur demande chimique en oxygène (78,3 %) déséquilibrent l'écosystème (Zambrano et Isaha, 1998). Les *beneficios* (usines de traitement du café) contaminent donc le milieu ambiant et particulièrement le milieu hydrique.

Actuellement, de nombreuses alternatives sont proposées pour diminuer la consommation d'eau du procédé telles que le recyclage des effluents, le dépulpage sans eau et le transport des fruits dépulpés par des vis sans fin (Rolz *et al.*, 1982). Ces technologies utilisent seulement 1,8 litre d'eau par kilo de café drupe. Malgré tout, la voie humide reste une source de pollution importante car elle génère des sous-pro-

duits et des eaux usées (Rolz *et al.*, 1982). Cette filière de transformation est actuellement en mutation, mais d'éventuelles modifications de la qualité organoleptique de la boisson finale par l'utilisation des nouvelles technologies n'ont pas été contrôlées.

Selon les pratiques, la durée de la fermentation et le pH à l'issue de cette opération sont très variables (Butty, 1973 ; Gamble et Wootton, 1963 ; Puerta-Quintero, 1999). L'absence de standardisation du procédé aboutit parfois à des surfermentations (Lopez *et al.*, 1989) et au développement de mauvais goûts (Wootton, 1961 ; Bade-Wegner *et al.*, 1997). Des sous-fermentations sont également observées : des morceaux de mucilage intact adhèrent encore à la parche après lavage et pourraient servir de substrat à la croissance de champignons lors du séchage et du stockage (Gamble et Wootton, 1963 ; Woelore, 1993).

Afin d'identifier les opérations du traitement responsables des variations de la durée de la fermentation et du pH final du milieu, une étude a été réalisée sur l'influence de la présence d'eau au cours des traitements de post-récolte – dépulpage et transport des drupes dépulpees – sur les paramètres physico-chimiques, biochimiques et microbiologiques de la fermentation. L'impact des technologies moins pol-

luantes sur la composition biochimique du café vert et la qualité organoleptique du café boisson a ainsi été évalué.

Matériel

Les drupes de *Coffea arabica* Linné var. *caturra* ont été cueillies au « pic » de la récolte à la station expérimentale de l'Instituto del Café (Icafe) de San Pedro de Barva, Heredia, Costa Rica. Le lot a été divisé en deux : une moitié a été traitée sans eau dans des dépulpeurs de nouvelle génération (modèle Penagos DV-255C) et transportée par des vis sans fin jusqu'à la cuve de fermentation, de dimension 2 x 1,5 x 5 m ; l'autre moitié a été dépulpeée avec des appareils traditionnels à disque en présence d'eau à un débit d'environ 20 l/min, puis les drupes dépulpeées ont été transportées par de l'eau sur une distance de 4 m dans des canaux de 20 x 20 cm.

Résultats et discussion

Cette étude compare l'effet du dépulpage et du transport du café avec ou sans eau sur l'évolution au cours de la fermentation des caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques et biochimiques : teneur en sucres fermentescibles et en produits de la fermentation du mucilage. Elle examine également les caractéristiques biochimiques et organoleptiques du café boisson.

Evolution des paramètres physico-chimiques de la fermentation

Au cours de la fermentation des drupes dépulpeées – après le dépulpage et le transport en présence d'eau – le pH est nettement plus élevé et la température plus basse qu'après un traitement sans eau (figure 1). Le café dépulpe doit fermenter 10 h de plus pour obtenir une fluidification identique à celle observée après traitement sans eau. En effet, la texture du mucilage n'a pas été modifiée et la fermentation a dû être prolongée pour mieux décomposer la couche mucilagineuse.

L'utilisation d'eau au cours des opérations précédant la fermentation modifie donc les paramètres physico-chimiques et apparaît responsable des variations du pH final et de la durée de la fluidification du tissu mucilagineux.

Les technologies de dépulpage et de transport des fruits sans eau, moins polluantes, aboutissent à des fermentations plus rapides. Il est alors nécessaire de réduire la durée de cette étape car le pH devient plus acide. En effet, des fermenta-

tions trop longues pourraient amener des surfermentations et développer de mauvais goûts (Bade-Wegner *et al.*, 1997). Une réorganisation du travail est donc nécessaire pour arrêter les fermentations plus tôt. Le pH peut alors servir de traceur et la fermentation peut être arrêtée lorsqu'il avoisine une valeur de 3,5-3,8.

Charge microbienne du mucilage

En fin de fermentation, les micro-organismes quantitativement les plus importants sont les bactéries lactiques. Le rôle de cette microflore est très important puisqu'elle est responsable de l'acidification. Après traitement sans eau, les numérations montrent que les bactéries lactiques et aérobies sont 2 à 4 fois plus nombreuses que celles observées après traitement à l'eau (tableau 1). Seul le nombre de levures est identique dans les

deux cas. La fluidification du tissu mucilagineux semble directement liée à l'activité microbienne.

Teneur en sucres fermentescibles du mucilage avant fermentation

La teneur en sucres simples du mucilage avant fermentation est nettement supérieure après traitement sans eau (79 % m.s.) qu'après traitement à l'eau (21 % m.s.) (figure 2). En présence d'eau, 74 % des sucres simples du mucilage ont été solubilisés lors du dépulpage et du transport. Les traitements à l'eau diminuent donc la teneur en sucres simples disponibles du substrat. Ces sucres, facilement métabolisables, permettent aux micro-organismes de se développer rapidement. La croissance microbienne est donc ralentie lorsque la teneur en sucres simples est faible. La suppression de l'eau des opéra-

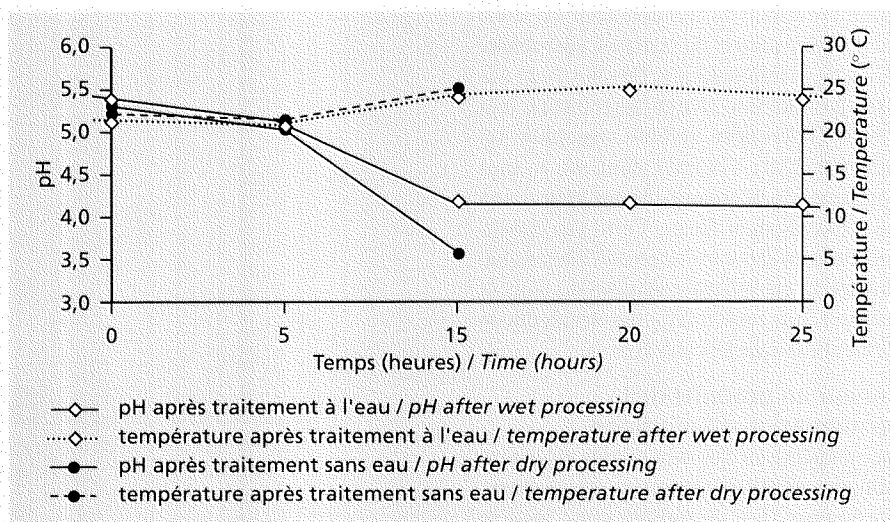


Figure 1. Evolution des paramètres physico-chimiques au cours de la fermentation. / Changes in physicochemical parameters during fermentation.

Tableau 1. Microflore du mucilage après 15 h de fermentation. / Mucilage microflora after 15 hours' fermentation.

Flore Flora	Charge microbienne (Log UFC/g m.s.) Microbial titre (Log CFU/g DM)		TS/TE DP/WP
	Après traitement à l'eau (TE) After wet processing (WP)	Après traitement sans eau (TS) After dry processing (DP)	
FAMT / TMAF	2,6	11,7	4,5
Bactéries lactiques / Lactic bacteria	16,8	35,5	2,1
Levures / Yeasts	5	4,1	0,8
Total	24,4	51,2	2,1

FAMT : flore aérobique mésophile totale / TMAF: total mesophile aerobic flora

UFC : unités formant colonies / CFU: colony forming units

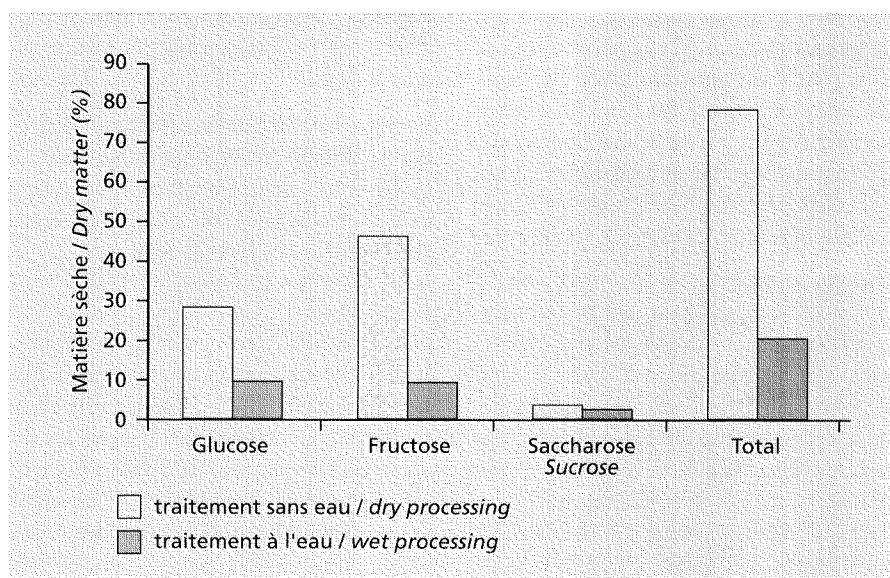


Figure 2. Teneur du mucilage en sucres simples avant fermentation. / *Mucilage simple sugar content before fermentation.*

tions précédant la fermentation est donc un premier moyen de contrôle microbiologique de la fermentation. De plus, l'eau utilisée possède une charge microbienne très élevée (microflore aérobie mésophile totale $0,052.10^6$ UFC/ml) dont 40 % sont constitués de micro-organismes indicateurs de contamination fécale. Cette eau constitue alors un facteur évident de contamination de la microflore endogène du fruit et pourrait être responsable des accidents de fermentation parfois observés.

Teneur en produits de la fermentation du mucilage

La comparaison des teneurs en acides organiques et éthanol produits par la microflore après 15 h de fermentation montre que l'utilisation d'eau diminue significativement la quantité de ces produits (figure 3). Les métabolites sécrétés par les micro-organismes ne représentent que 25 % de la matière sèche de ceux obtenus après traitement sans eau. Après 25 h de traitement, la teneur en produits fermentaires est comparable à celle dosée après traitement sans eau.

Les conditions de dépulpage et de transport du café ont donc une influence directe sur la biochimie de la fermentation. Après traitement à l'eau, la teneur en sucres simples du mucilage est inférieure, ce qui entraîne une production limitée d'acides organiques. La fluidification semble donc corrélée à l'acidification comme Calle (1965) l'a déjà suggéré.

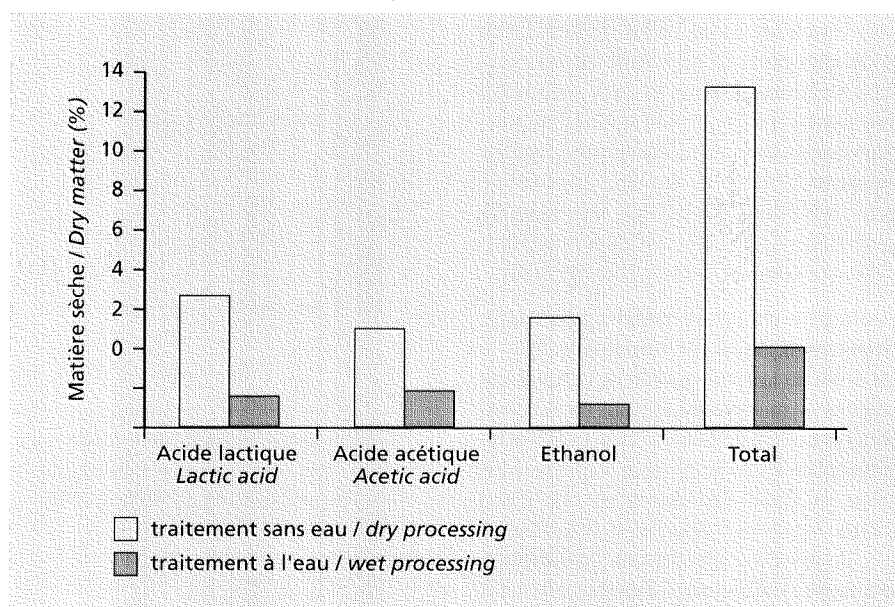


Figure 3. Teneur du mucilage en acides organiques et éthanol après 15 h de fermentation. / *Mucilage organic acid and ethanol contents after 15 hours' fermentation.*

Tableau 2. Composition biochimique des cafés verts (en pourcentage de la matière sèche). / *Green coffee biochemical composition (in percentage of dry matter).*

	Traitement à l'eau Wet processing	Traitement sans eau Dry processing
Matière grasse / Fat	15,1	15,3
Acides chlorogéniques / Chlorogenic acids	6,9	6,9
Trigonelline / Trigonellin	1,1	1,0
Caféine / Caffeine	1,1	1,1
Saccharose / Sucrose	7,3	7,1

Composition des cafés verts et qualité organoleptique des cafés boissons

Les compositions biochimiques des cafés verts obtenus par traitement en présence ou non d'eau sont semblables (tableau 2). Bien que les conditions de fermentation soient différentes, les caractéristiques organoleptiques des cafés boissons ont été jugées identiques. Les nouvelles techniques moins polluantes ne modifient donc pas la qualité organoleptique du produit fini si la fermentation est arrêtée dès que le pH est suffisamment acide.

Conclusion

Au cours du traitement de post récolte par voie humide du café, l'eau utilisée a une influence directe sur les paramètres physico-chimiques, biochimiques et microbiologiques de la fermentation : elle solubilise

les sucres simples du substrat et ralentit la croissance microbienne. Les nouvelles techniques consommant peu d'eau ont donc pour avantage d'être moins polluantes pour l'environnement et d'aboutir à des fermentations plus rapides en présence d'une microflore plus homogène. Dans ces conditions, le pH final et, par voie de conséquence, la durée de la fermentation peuvent être contrôlés. La qualité organoleptique du café boisson n'est alors pas modifiée si la fermentation est arrêtée dès que l'acidification est suffisante, soit pour un pH d'environ 3,5 à 3,8. Ces améliorations technologiques permettront aux pays producteurs de standardiser l'étape de fermentation et de contrôler la qualité organoleptique du produit fini.

Bibliographie / References

- BADE-WEGNER H., BENDIG I., HOLSCHER W., WOLLMANN R., 1997. Volatile compounds associated with the over-fermented flavour defect. *In* : 17^e Colloque scientifique international sur le café, Nairobi, Kenya, 20-25 juillet 1997. Paris, France, ASIC, p. 176-182.
- BUTTY M., 1973. Rapid fermentation of coffee. *Kenya Coffee* 38 : 214-224.
- CALLE V.H., 1965. Algunos metodos de desmucilaginado y susefectos sobre le café en pergamino. *Cenicafé* 16 : 3-11.
- GAMBLE F.M., WOOTTON A.E., 1963. A note on a very slow fermentation. *Kenya Coffee* 28 : 481-483.
- GARAVITO-ROZO A., PUERTA-QUINTERO G.I., 1998. Utilización del mucilago de café en la alimentación de cerdo. *Cenicafé* 49 : 231-256.
- LOPEZ C.I., BAUTISTA E., MORENO E., DENTAN E., 1989. Factors related to the formation of «overfermented coffee beans» during the wet processing method and storage of coffee. *In* : 13^e Colloque scientifique international sur le café, Paipa, Colombie, 20-25 août 1989. Paris, France, ASIC, p. 373-384.
- PUERTA-QUINTERO G.I., 1999. Influencia del proceso de beneficio en la calidad del café. *Cenicafé* 50 : 78-88.
- ROLZ C., MENCHU J.F., CALZADA F., DE LEON R., 1982. Biotechnology in washed coffee processing. *Process Biochem.* 17 : 8-10.
- WOELORE W.M., 1993. Optimum fermentation protocols for Arabica coffee under Ethiopian conditions. *In* : 15^e Colloque scientifique international sur le café, Montpellier, France, 6-11 juin 1993. Paris, France, ASIC, p. 727-733.
- WOOTTON A.E., 1961. Fermentation and onion flavour. *Kenya coffee* 26 : 126-129.
- ZAMBRANO F.D., ISAHA H., 1998. Demanda química de oxígeno y nitrógeno total de los subproductos del proceso tradicional de beneficiado húmedo del café. *Cenicafé* 49 : 279-289.

Effect on fermentation of the pulping method used for *Coffea arabica* L. drupes

Avallone S.¹, Guyot B.², Brillouet J.M.³, Guiraud J.P.¹

¹USTL, GBSA-MBI CC 23, place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier Cedex 5, France

²CIRAD-CP, TA 80/16, 34398 Montpellier Cedex 5, France

³CIRAD-FLHOR, TA 50/04, 34398 Montpellier Cedex 5, France

During wet postharvest processing of coffee drupes, the pulp is removed mechanically before transferring the fruits to a tank where natural fermentation breaks down the layer of mucilage surrounding the seeds. This fermentation stage modifies the texture of the tissue, which is then removed by washing. Pulping and depulped drupe transfer generally result in 40 to 50 litres of waste water per kilo of parchment coffee (Gravito-Rozo and Puerta-Quintero, 1998). This waste water is discharged into the environment, and the organic acid and soluble matter it contains (86.6%) and its chemical oxygen demand (78.3%) disrupt the ecosystem balance (Zambrano and Isaha, 1998). The *beneficios* (coffee processing plants) thus contaminate the environment, particularly the local hydrographic network.

There are currently many ways of reducing water consumption during processing, for instance waste water recycling, dry pulping and depulped fruit transfer using worm screws (Rolz *et al.*, 1982). These technologies consume just 1.8 litres of water per kilo of drupes. However, wet processing is still a major pollution hazard, since it generates by-products and waste water (Rolz *et al.*, 1982). The method is currently being transformed, but the possible changes in end beverage cup quality as a result of the new technologies have not yet been determined.

Depending on the method used, fermentation time and final pH vary substantially (Butty, 1973; Gamble and Wootton, 1963; Puerta-Quintero, 1999). The lack of a standard procedure sometimes results in over-fermentation (Lopez *et al.*, 1989) and off-tastes (Wootton, 1961; Bade-Wegner *et al.*, 1997). Under-fermentation also occurs sometimes: bits of mucilage remain stuck to the parchment coffee after washing, which can give rise to fungus development during drying and storage (Gamble and Wootton, 1963; Woelore, 1993).

With a view to pinpointing the processing operations responsible for variations in fermentation time and final pH, a study was conducted of the effect of using water during postharvest processing—pulping and depulped

drupe transfer—on the physicochemical, biological and microbiological parameters of fermentation. The impact of less polluting technologies on green coffee biochemical composition and coffee beverage cup quality was studied.

Material

The *Coffea arabica* Linnaeus var. *caturra* drupes were picked at the peak of harvesting at the Instituto del Café (ICAPE) San Pedro de Barva experimental station, Heredia, Costa Rica. The sample was split in two: half of the drupes were dry-processed in the latest pulpers (Penagos DV-255C model) and transferred by worm screws to the 2 x 1.5 x 5 m fermentation tank; the other half were depulped in traditional disc machines with a water flow rate of around 20 l/min, and the depulped drupes were transferred over a distance of 4 m using water in 20 x 20 cm channels.

Results and discussion

Our study compared the effect of pulping and transporting coffee with and without water on the changes in physicochemical, microbiological and biochemical characteristics during fermentation: fermentable sugar and mucilage fermentation product content. We also looked at the biochemical and organoleptic characteristics of the coffee beverage.

Changes in the physicochemical parameters of fermentation

During depulped drupe fermentation—after pulping and transfer using water—the pH was much higher and the temperature lower than after dry processing (figure 1). The depulped coffee had to be fermented for a further ten hours in order to achieve the same degree of fluidification as after dry processing. In effect, mucilage texture was not changed and fermentation had to be extended to ensure better mucilage breakdown.

Using water for the operations prior to fermentation thus modifies the physicochemical parameters and can be held responsible for the variations in final pH and the time taken for mucilage fluidification.

Dry fruit pulping and transfer technologies are less polluting and result in faster fermentation. This stage thus needs to be shortened as the pH becomes more acid. Over-long fermentation could lead to over-fermentation and off-tastes (Bade-Wegner *et al.*, 1997). The operational sequence thus needs to be reorganized so as to stop fermentation earlier, and pH can be used as an indicator, since fermentation can be stopped when the pH reaches 3.5–3.8.

Mucilage microbe content

At the end of fermentation, the major microorganisms found in quantity terms are lactic bacteria. This microflora plays a very important role, since it is responsible for acidification. After dry processing, counts revealed between twice and four times as many lactic and aerobic bacteria as after wet processing (table 1). Only the number of yeasts was identical. Mucilage fluidification thus seems to be directly linked to microbial activity.

Mucilage fermentable sugar content before fermentation

Mucilage simple sugar content before fermentation was much higher after dry processing (79% DM) than after wet processing (21% DM) (figure 2). With wet processing, 74% of the mucilage simple sugars were dissolved during pulping and transport.

Wet processing thus reduces the available simple sugar content of the substrate. These sugars, which are easily metabolized, enable microorganisms to develop rapidly. Microbial growth is thus slowed in the event of low simple sugar contents. Not using water for the operations prior to fermentation is thus one way of controlling fermentation microbiologically. Furthermore, the water used had a very high microbial titre (total mesophile aerobic microflora 0.052.10⁶ CFU/ml), of which 40% were microorganisms indicating faecal contamination. Water is thus an obvious factor in the contamination of the endogenous fruit microflora, and may be responsible for the fermentation incidents sometimes seen.

Fermentation product content of the mucilage

A comparison of organic acid and ethanol levels produced by the microflora after 15 hours' fermentation showed that using water significantly reduced the amounts of these products (figure 3). The metabolites secreted by microorganisms represented just 25% of the dry matter of those obtained after dry processing. After 25 hours' processing, fermentation product contents were much the same as those observed with dry processing.

Coffee pulping and transfer conditions thus have a direct influence on fermentation biochemistry. After wet processing, the simple sugar content of the mucilage is lower, resulting in limited organic acid production.

Fluidification thus appears to be correlated to acidification, as suggested by Calle (1965).

Green coffee composition and beverage cup quality

The biochemical composition of green coffees obtained by wet and dry processing was similar (table 2). Although the fermentation conditions differed, the organoleptic characteristics of the end beverages were judged to be identical. The new, less polluting techniques thus do not modify end product cup quality, provided fermentation is halted once the pH is sufficiently acid.

Conclusion

During coffee postharvest processing using the wet method, the water used has a direct effect

on the physicochemical, biochemical and microbiological parameters of fermentation: it dissolves the simple sugars in the substrate and slows microbial growth. The new techniques consume little water, and are thus less of an environmental hazard and ensure more rapid fermentation in the presence of a more homogeneous microflora. As a result, the final pH, and consequently the duration of the fermentation stage, can be controlled. The cup quality of the resulting beverage is not affected, provided fermentation is halted as soon as the pH is sufficiently acid, ie around 3.5 to 3.8. These technological improvements will enable producing countries to standardize the fermentation stage and control end product cup quality. ■